

PCT/EP+ 00/01037
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



09/914807

01 AUG 2000

Bescheinigung

Die Continental Teves AG & Co oHG in Frankfurt am Main/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Anordnung zum Erkennen von diagonalen Furchen/Verschränkungen (Diagonal Groove) während einer Traktionsregelung"

am 4. März 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlage dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole B 60 T und B 60 K der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 25. Mai 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 199 09 454.3

Wehner

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Anordnung zum Erkennung von diagonalen Furchen / Verschränkungen (Diagonal Groove) während einer Traktionsregelung

Stand der Technik:

Es sind Traktionsregelungen bekannt, die durch den Aufbau von Bremsdruck an überdrehenden Antriebsrädern den Radschlupf auf ein für die Gewährleistung der Traktion und der Fahrstabilität notwendigen Wert reduzieren. Diese sind sowohl für zweirad- als auch für allradgetriebene Fahrzeuge existent.

Die Dimensionierung derartiger Systeme erfolgt üblicherweise für den durch weitgehend ebenen Untergrund und zumindest seitenweise annähernd gleichem Reibwert gekennzeichneten Straßeneinsatz.

Wenn ein allradgetriebenes Fahrzeug ohne Achsensperrdifferential im Gelände über eine diagonale Furchen fährt, so daß an einem Vorder- und einem Hinterrad der Bodenkontakt verlorengeht, so drehen diese beiden Räder durch und verhindern damit, daß ein Antriebsmoment auf die beiden aufliegenden Räder gegeben wird. Da sich das Fahrzeug dabei erheblich verspannt, wäre aber gerade in dieser Situation ein kräftiger Vortrieb erforderlich, um das Fahrzeug zu bewegen. Eine ansteigende Fahrbahn oder ein abruptes Hindernis (Stein etc.) vor einem oder mehreren Rädern erschweren die Situation zusätzlich.

Generell wird diese Situation bereits von einem konventionellen EDS- oder BTCS-System (EDS = Elektronische Differential-Sperre, BTCS = Brake Traction Control System) bewältigt, das die frei laufenden Räder mit Bremsdruck beaufschlagt, so daß Antriebsmoment zu den aufstehenden Rädern gelangt.

Traktion kann hier nur erreicht werden, wenn der Druck in den entlasteten Rädern zwecks Erzeugung einer Sperrwirkung in den Bremsen gehalten wird, bis die Situation überwunden ist.

In der Praxis zeigt sich aber, daß die in bisherigen Systemen realisierten Maßnahmen nicht ausreichen, da meist zu große Schlupfwerte an den durchdrehenden Rädern toleriert werden.

Die angetriebenen Räder einer Fahrzeugdiagonale geraten wechselweise in den Antriebsschlupf und das Motormoment oszilliert zwischen den betreffenden Rädern in Abhängigkeit von der momentanen Radlast, dem Bremsdruck und dem Motormoment. Die Druckmodulation in den angetriebenen Rädern eilt dem Antriebsschlupf nach. Ein stationärer gesperrter Zustand stellt sich nicht ein. Das Fahrzeug bleibt stecken.

Dieses Problem wird nachfolgend deutlich:

Die in einem mit konstanter Drehzahl U/t rotierenden und mit konstanter Bremskraft F_B beaufschlagten Rad verbrauchte Leistung P_B beträgt:

$$P_B = F_B \cdot v_B = F_B \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{eff}} \cdot U/t \quad (1)$$

Dabei ist r_{eff} der effektive Radradius, an dem die Bremskraft wirkt, U/t soll in der Einheit Radumdrehungen pro Sekunde angegeben werden.

Unter der beispielhaften Annahme, daß auf einer diagonalen Furchen das linke Vorderrad und das rechte Hinterrad durchdrehen und von der Traktionskontrolle bebremst werden, ergeben sich folgende Gleichungen für die verbrauchte Leistung:

$$\begin{aligned} P_{B1} &= F_{B1} \cdot v_{B1} = F_{B1} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{eff}1} \cdot U1/t \\ P_{B3} &= F_{B3} \cdot v_{B3} = F_{B3} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{eff}3} \cdot U3/t \end{aligned} \quad (2)$$

Die Radindizes sind im Uhrzeigersinn gewählt:

1 = linkes Vorderrad

2 = rechtes Vorderrad

3 = rechtes Hinterrad

4 = linkes Hinterrad

Unter der nicht unrealistischen Annahme, daß die Bremsen an den Rädern in etwa gleich dimensioniert sind und die Drehzahlen der durchdrehenden Räder sowie die Bremskräfte ebenfalls gleich sind, kann die Summenleistung vereinfacht angegeben werden:

$$P_{B_sum} = 4 * \pi * r_{eff} * F_B * U/t \quad (3)$$

Das von den Rädern aufgebrachte Summen-Bremsmoment M_{B_sum} , das über die Achsendifferentiale bzw. das Mittendifferential auf die übrigen Räder als Summen-Antriebsmoment M_{A_sum} wirkt, beträgt:

$$M_{B_sum}(\text{durchdrehende Räder}) = M_{A_sum}(\text{traktierende Räder}) = 2 * F_B * r_{eff} \quad (4)$$

Es zeigt sich in Gleichung (3), daß man mit hinreichend hoher Drehzahl U/t der durchdrehenden Räder und mittlerer Bremskraft F_B leicht die gesamte Motorleistung verbrauchen kann. Mit zu kleinen Bremskräften F_B wird aber gemäß Gleichung (4) nur ein geringes Antriebsmoment bereitgestellt. In extremen Offroad-Situationen, speziell bei diagonalen Verschränkung, wird aber zumindest kurzzeitig ein hohes Spitzenmoment benötigt, um das Fahrzeug aus der 'Verklemmungssituation' zu befreien.

Ziel der Erfindung:

Durch die Erfindung soll die Traktion allradgetriebener Fahrzeuge ohne Achsensperrrifferential im Gelände, speziell in Fahrsituationen mit diagonalen Furchen oder abrupten Hindernissen gewährleistet werden.

Darstellung der Lösung:

Die Lösung des Problems besteht darin, den Bedarf eines quergesperrten Zustandes zu erkennen und diesen mit Mitteln der BTCS Bremsenregelung einzustellen.

Weiterhin ist die Drehzahl U/t der durchdrehenden Räder durch stärkeres Einbremsen zu senken.

Es ergibt sich ein deutlicher Komfortvorteil (kein Räderscharren, konstant niedrige Motordrehzahl) und ein minimierter Reifenverschleiß.

In extremen Fällen ist hierfür ein Herunterbremsen der durchdrehenden Räder auf Traktionsschlupfwerte nahe 0 notwendig.

Das oben beschriebene periodische Transferieren des Motordrehmomentes zwischen den Rädern einer Fahrzeugdiagonale wird durch die Lösung erkannt und durch Beseitigung des Nacheilens des Bremsdrucks unterbunden.

Der gesperrte Zustand bleibt in vorteilhafter Weise für einen Zeitraum erhalten, der ausreicht, das Fahrzeug über das Hindernis hinweg zu bewegen.

Die vorliegende Anmeldung beschäftigt sich daher mit einem Mechanismus, der zwei wesentliche Maßnahmen beinhaltet:

1. Erkennung der Situation, daß sich ein Fahrzeug in einer diagonalen Verschränkung befindet. Diese Situation ist im Grunde eine Standardsituation auf unebenen Böden, da eine extreme Unebenheit immer zum Abheben zunächst eines Rades und zum Kippen des Fahrzeugs über die Diagonale führt, die das abhebende Rad nicht beinhaltet. Das Rad, das sich diagonal zum abhebenden Rad befindet, wird seine Aufstandskraft ebenfalls in den meisten Fällen ganz oder teilweise verlieren, was von der Kipprichtung und der Schräglage des Fahrzeugs abhängt.

2. Reaktion bei erkannter Situation:

Die Regelung der betroffenen Räder erfolgt mit kleineren Schlupfwerten, so daß sich erhöhte Druckniveaus einstellen.

Weitere Veränderungen in der Druckmodulation können sein:

- Schnellerer Druckaufbau
- Verlangsamer Druckabbau

Die diagonale Verschränkung kann recht einfach mit folgender Abfrage erkannt werden:

für primären Vorderradantrieb:

```
if ( (VEHICLE_REFERENCE_VELOCITY < 6 km/h)
    and one_wheel_of_secondary_axle_out_of_btcs
    and ( ( BTCS_ACTIVE on front left wheel and BTCS_ACTIVE on rear right wheel
        and ( (MODEL_PRESSURE on front left wheel >=
            MODEL_PRESSURE on front right wheel)
        or BTCS_INACTIVE on front right wheel
        )
    )
    or ( BTCS_ACTIVE on front right wheel and BTCS_ACTIVE on rear left wheel
        and ( (MODEL_PRESSURE on front right wheel >=
            MODEL_PRESSURE on front left wheel)
        or BTCS_INACTIVE on front left wheel
        )
    )
    )
    )
    )
```

Analoge Verhältnisse ergeben sich für den primären Hinterradantrieb, wobei hier die Druckbedingungen und die BTCS_INACTIVE Bedingung für die Räder der Hinterachse gelten.

Eine grundsätzliche Bedingung zum Erkennen des Musters ist eine geringe Fahrzeuggeschwindigkeit (im konkreten Ausführungsbeispiel 6 km/h). Da sich die beiden aufstehenden Räder normalerweise nicht drehen, stimmt die vom Regler geschätzte Fahrzeuggeschwindigkeit (nachfolgend VEHICLE_REFERENCE_VELOCITY genannt) recht gut mit der tatsächlichen Fahrzeuggeschwindigkeit überein. Um aber das Muster beim Anfahren nicht gleich zu verlernen, wird 'VEHICLE_REFERENCE_VELOCITY z.B. < 6km/h' gefordert. Weiterhin darf nur genau eines der beiden Räder an der sekundären Antriebsachse in der BTCS-Regelung laufen. Von den Rädern der primären Antriebsachse sollte entsprechend nur am diagonal zum geregelten Rad der Sekundärachse befindlichen Rad ein BTCS-Eingriff laufen (BTCS_ACTIVE); allerdings ist dies eine sehr harte Forderung, da in extremen Situationen auch mal das gut aufliegende Rad 'abreißen' und kurzzeitig in die BTCS-Regelung kommen kann. Deshalb wird hier entweder eine Phase0 oder zumindest ein kleinerer Druck als an dem hauptsächlich geregelten Rad gefordert. Die Druckforderung allein ist nicht hinreichend, da beim Aufbau von Stützdruck etc. auch am ungeregelten Rad vorübergehend ein höherer Modelldruck gerechnet werden kann als am geregelten Rad.

{ Diese Geschwindigkeitsschwelle kann prinzipiell eine Funktion der Erkennungssicherheit (Druckbedingungen) sein und nicht nur, wie im konkreten Ausführungsbeispiel konstant sein.

Wenn das Muster in einem BTCS-Regelungszyklus erfüllt ist, wird ein speziell eingeführter Zähler mit der Bezeichnung `BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER` um 1 inkrementiert. Das Erhöhen des Zählers kann bis zu einem Maximalwert `Maxvalue` gehen, danach wird der Zähler dekrementiert. Das Erhöhen des Zählers kann bis zu einem Maximalwert `Maxvalue` gehen, danach wird der Zähler dekrementiert. Das Erhöhen des Zählers kann bis zu einem Maximalwert `Maxvalue` gehen, danach wird der Zähler dekrementiert.

```

if (obige Bedingung erfüllt)
{
    if (BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER < Maxvalue)
        BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER = BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER + 1
    }
else
{
    if (BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER > 0)
        BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER = BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER - 1
    }
}

```

Wenn der Zähler einen niedriger als der Maximalwert liegenden Schwellwert überschreitet, das Muster also über einen Zeitraum von beispielsweise 0.7s in Folge erkannt wurde, wird davon ausgegangen, daß die Situation der diagonalen Verschränkung tatsächlich vorliegt, und es wird ein spezielles Steuerbit gesetzt, ansonsten gelöscht:

```

if ( BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER > Limit )
    DIAGONAL_GROOVE_RECOGNIZED = True;
else
    DIAGONAL_GROOVE_RECOGNIZED = False;

```

Da der Zähler bis `Maxvalue` zählen kann und die Situation oberhalb `Limit` als erkannt gilt, hat der Mechanismus ein 'Gedächtnis' von `Maxvalue` minus `Limit` mal Zykluszeit. Ein weiterer Nachlaufeffekt wird sich in der Regel dadurch einstellen, daß die Regelphasen an der Diagonale länger aufrecht erhalten bleiben als die Situation.

Fahrten in schwerem Gelände sind gekennzeichnet durch häufige Anfahr-und Bremsvorgänge. Dies würde dazu führen, daß bei jedem Anfahrvorgang nach Beginn der Bremsenregelung eine Zeit von `Limit` mal Zykluszeit vergeht, bevor die diagonale Verschränkung erneut erkannt wird. Dies führt zu hohem Antriebsschlupf und damit Komfort-und Traktionsverlust bei jedem Anfahrvorgang.

Um dies zu vermeiden, wird bei erkannter diagonalen Verschränkung ein weiterer Zähler auf einen Startwert gesetzt. Bei nicht erkannter diagonalen Verschränkung oder außerhalb einer aktiven BTCS Regelung wird dieser Zähler in einem vorgegebenen Zeitraster bis zum Wert 0 dekrementiert. Diese Zeitspanne beträgt z.B. 10 Sekunden. Wird innerhalb dieser Nachlaufzeit die BTCS Regelung aufgrund überdrehender Antriebsräder erneut aktiv und liegen weiterhin die o.g. Bedingungen für das Erkennen einer diagonalen Verschränkung vor, so wird das Steuerbit bereits gesetzt, wenn der `DIAGONAL_GROOVE_COUNTER` den wesentlich niedrigeren Werte `Limit` erreicht hat. Die Erkennungszeit reduziert sich in dieser Situation also wesentlich. Der o.g. Nachteil wird damit zuverlässig vermieden.

Veränderte Druckmodulation bei erkannter Diagonal-Groove-Situation:

Ziel oben beschriebener Erkennungsmechanismen ist das Halten eines der geforderten Traktion entsprechenden mittleren Druckniveaus bei minimalem Antriebsschlupf.

Dazu steuert die Information `DIAGONAL_GROOVE_RECOGNIZED` einen verstärkten Druckaufbau und bewirkt in einen verzögerten Druckabbau durch Veränderung der Druckaufbau-und Abbaugradienten.

Dies kann erreicht werden durch eine Verkürzung der Pausenzeiten während des Druckaufbaus und Verlängerung der Pausenzeiten während des Druckabbaus bei unveränderten Druckaufbau-b.z.w. Druckabbaupulsen oder durch eine Vergrößerung der Druckaufbaupulse und Verringerung der Druckabbaupulse bei unveränderten Pausenzeiten.

Die Verringerung des Antriebsschlupfes wird zusätzlich durch eine Absenkung der BTCS Regelschwellen in Abhängigkeit von der Information `DIAGONAL_GROOVE_RECOGNIZED` erreicht.

Diese Schwellenmanipulation bei erkannter extremer Offroad-Situation `DIAGONAL_GROOVE_RECOGNIZED` erfolgt nur an den in einer aktiven BTCS-Regelung befindlichen Rädern. Das bedeutet, daß bei der diagonalen Verschränkung nur die betroffenen Räder mit kleinen Schwellen geregelt werden, um zu vermeiden, daß völlig stabile Räder eine BTCS-Phase bekommen.

Erfindungsansprüche:

Folgende wesentlichen, nachfolgend stichpunktartig zusammengestellten Elemente sollten in den Erfindungsansprüchen enthalten sein:

- Druckbedingungen und `BTCS_ACTIVE` Bedingungen an den Rädern einer Fahrzeugdiagonale
`BTCS_INACTIVE` Bedingung am jeweils anderen Rad der Hauptantriebsachse
- `BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER` mit den Werten `Maxvalue` und `Limit`
- ein weiterer Nachlaufzähler mit einem Startwert und dem `Limit1` Wert für den `BTCS_DIAGONAL_GROOVE_COUNTER`
- Schwellenabsenkung und Veränderung der Druckaufbau- und Abbaugradienten bei erkannter diagonalen Verschränkung